

File No. 46

施肥时期与肥料利用率的关系

植物从土壤中吸收水分和养分，利用太阳光进行光合作用，合成碳水化合物和蛋白质等来构成自身的组织器官。通常，土壤中的养分远远不能满足农作物的正常生长，得不到预期的收获量，必须从外部施加养分来进行补充。化肥就是人工制造的含有高浓度养分的物质，在供给农作物生长所需养分上起着非常重要的作用。

但是，施用到土壤中的肥料养分会因为灌溉和降雨而流失，也会与土壤物质发生化学反应而被固定或生成难溶性的化合物，不能被作物吸收利用。因此，并不是所有施入土壤的养分都能够发挥出作用。评价施肥效果的指标常用肥料利用率来表示。肥料利用率是指肥料所含有的养分在施用后被作物吸收利用的百分比，其计算式如下：

$$\text{肥料利用率(\%)} = \frac{\text{作物生长所吸收的养分量} - \text{土壤等供给的养分量}}{\text{施用了的肥料所含有的养分量}} \times 100\%$$

通常，土壤养分的供给量不易确定，施用了的肥料养分也有部分会积累在土壤里供下一茬作物吸收利用，收获后残留在耕地里的作物根茎叶亦含有一定的养分，不可能按照上式进行精密的计算。所以肥料利用率的计算式可以简化如下：

$$\text{肥料利用率(\%)} = \frac{\text{作物收获物中所含的养分量}}{\text{施用了的肥料所含有的养分量}} \times 100\%$$

氮磷钾这三大肥料养分中的氮很不稳定，容易因灌溉和降雨而流失，也会因土壤微生物的脱氮作用而逸散到大气里。根据多份实验数据和调查报告的结果，世界主要谷物产地的氮肥利用率只有 30~50%，其余的氮养分都因流失和脱氮而损失了。

磷则因为容易与土壤中的铝和铁结合成磷酸铝和磷酸铁等难溶性化合物而被固定在土壤里，所以磷肥的利用率更低，只有 3~25%。

钾可以以离子状态被土壤胶体吸附，不易流失，长期停留在土壤里，所以钾肥利用率可高达 50%。

要提高肥料利用率，其大前提是在作物最需要养分的时期及时供给其最合适的养分种类和数量。现代农业的综合施肥技术就是以肥料形态，施肥时期，施肥位置，施肥数量等的相互关系为基础而构成的。其中最重要的是按照作物的生育特性施用肥料，使肥料能够在作物最需要养分的时期溶解释放出足够的养分供作物吸收利用。本篇解说有关施肥时期与肥料利用率之间的关系。关于肥料形态以及施肥位置与肥料利用率之间的关系则留到下一篇来解说。

农作物的种类繁多，各种作物的生长阶段所需的养分数量和各种养分的比例也不相同。以谷物作物的水稻，叶菜类的小白菜，生菜，包心菜和白菜，果菜类的黄瓜和西红柿为例，这些作物的各个生长阶段对氮，磷，钾的需求量如图 1~3 所示。

水稻的生长阶段分为育苗期，插秧成活期，分蘖期，幼穗形成期，出穗期，灌浆期和成熟期。在育苗期，种子的发芽和秧苗的初期生长所需的养分基本上都靠种子的胚乳供给，从外部吸收的数量不多。秧苗出了 2 片真叶后才开始从土壤中吸收养分，所以秧田不必施用太多的肥料，以免造成烧苗。

插秧后到秧苗成活约需 10 天时间，称为插秧成活期。在这段时间内水稻基本上不会生长，养分需要量很少。秧苗成活后，植株的根茎结合部开始出现分裂，由一株分成数~数 10 株，称作分蘖期。进入分蘖期后，水稻的生长旺盛，对养分，特别是氮养分的需求量急速增加。养分不足的话，分蘖数少，植株整体显得虚弱。但是氮养分过剩的话，会引起徒长，无效分蘖多，不利于出穗和灌浆，容易倒伏，也容易诱发病虫害。

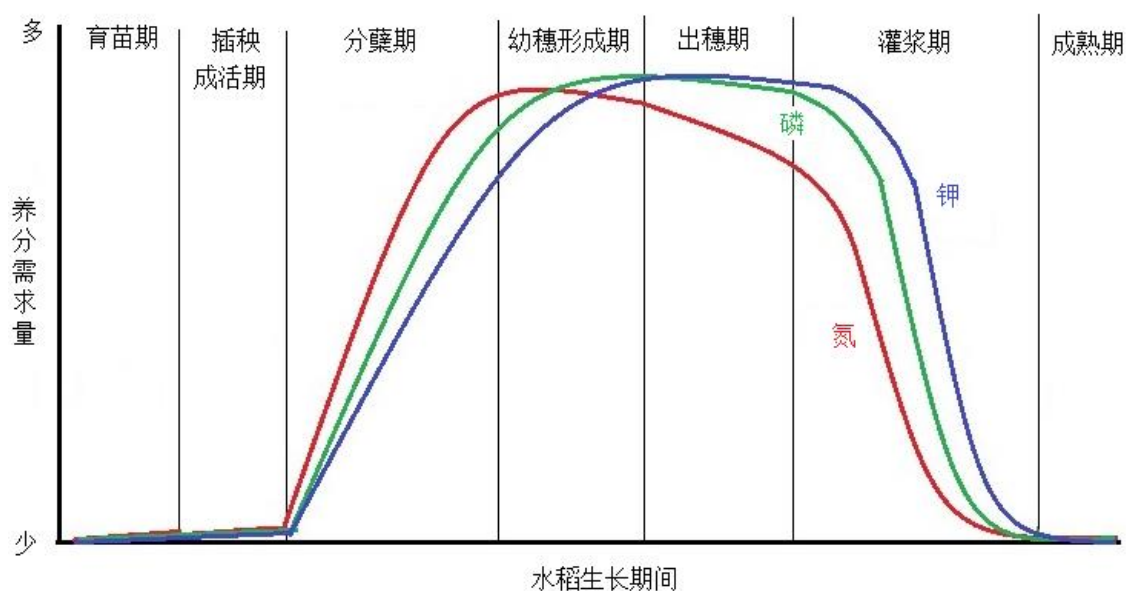


图 1. 水稻的生长阶段与养分需求量的关系

分蘖期将近结束时，在茎里开始分化形成幼穗，进入幼穗形成期。通常，抽穗 30 天前开始分化出穗首，抽穗 20~25 天前幼穗长度达到 1~2mm 时，一次和二次枝梗和颖花的分化就会结束。抽穗 18 天前幼穗成长到 8~15mm 时，开始了花粉的分化。抽穗 12 天前幼穗成长到 8cm 时，开始了花粉和胚囊的减数分裂。抽穗 2 天前，结束了减数分裂，形成了花粉和胚囊，等待抽穗开花。在幼穗形成期，磷和钾的养分需求急速增加，氮和磷的需求量达到高峰。若养分供应不足的话，影响幼穗发育，形成的幼穗短颖花少，直接造成减产。

幼穗完全形成后就会抽穗开花。这个时期称为出穗期。在出穗期，磷和钾的需求量达到最大，而氮的需求量在幼穗形成期的后期开始减少。授粉后，稻粒中的胚开始肥大，储积在茎叶里的碳水化合物和氨基酸等转流入胚中，形成淀粉和蛋白质等积储在胚乳里。这个时期称为灌浆期。在灌浆期，需求的养分量急速减少，特别是氮的需求量下降很快。

稻粒中积满了淀粉后，穗全体呈现出黄色，进入成熟期。在成熟期，水稻完全不需要吸收养分。成熟期也是收获适期，在该期间收获的稻米质量最好。成熟期过后才收获的稻米，在以后的干燥和精米过程中无论如何调制也不能将大米的质量搞上去。

根据上述的水稻生长过程，按照水稻的各个生长阶段对养分的需求，将氮磷钾进行适当的比例和数量进行配合施用是提高肥料利用率的关键。落实到具体上就是在插秧前或插秧的同时充分施足基肥，用以供给分蘖期和幼穗形成期对养分的需求。在幼穗形成期施用 1 次以磷钾

为主的穗肥，以满足出穗期和灌浆期对养分的需求。为了防止多肥造成的徒长倒伏和糙米中的粗蛋白含量增加导致大米的食感和味感的降低，穗肥尽量在抽穗10天前施完，抽穗后不要再追肥。另外，基肥是以氮磷为主，穗肥则以磷钾为主。按照这样的施肥方式，肥料利用率会有一定程度的提高。

蔬菜的种类繁多，但除了少数是食用花和嫩果的蔬菜外，大部分都是收获叶片供食用的叶菜类，所以只需考虑作物的营养生长期就足够了。小白菜和生菜等非结球性叶菜，发芽后随着植株的生长，叶数不断增多，重量也逐渐增加。但生长到了一定程度后就会进入生殖生长期，不再抽发新叶。通常的叶菜类都是在营养生长的最盛期就会收获，不会让其进入生殖生长期。非结球性叶菜在营养生长期所需的养分是随着生长不断增加的，但主要是需要氮，磷钾的需求量并不多。这些非结球性叶菜类生长很快，从定植到收获只需 25~40 天，因此最适的施肥方式是在定植前施足高氮的基肥，在叶菜类的生长期间保证能够供应上养分就可以了，一般不需要追肥。若发现肥料不足时，追施一次尿素或硝酸铵的水溶肥即可。

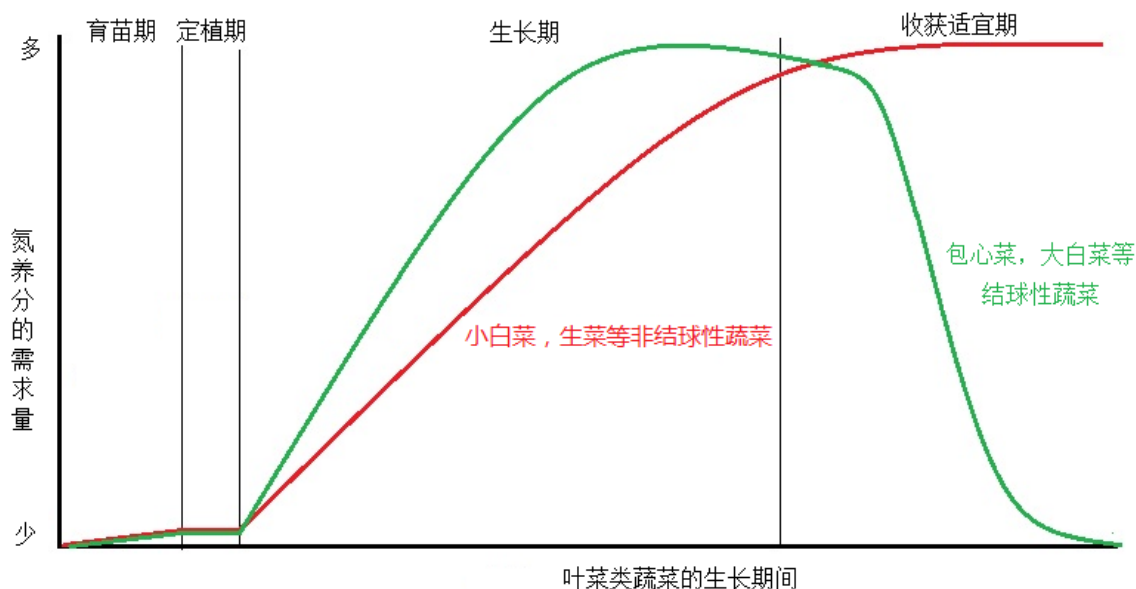


图 2. 叶菜类的生长阶段与氮养分需求量的关系

另一方面，包心菜和大白菜之类的结球性蔬菜虽然也是收获叶片供食用，但其生长可以分为外叶生长期和结球生长期这 2 个时期。在结球之前的外叶生长期，不参与结球的外叶不断抽出展开进行光合作用给植株生长提供养分。到叶片展开到 18~20 片后开始进入结球生长期。在结球生长期，不断长出的内叶形成和充实了叶球。结球后的叶球生长所需的养分都是依靠外叶的光合作用供应的，内叶基本没有光合作用。因此在进入结球生长期之前，如何让外叶茁壮伸张，增大叶面积是形成良好优质的叶球的关键。在外叶生长期期间养分供给不足，使得外叶生长不良时，进入结球生长期后再追加肥料养分也不能挽回其生长劣势。因此，定植前的施足高氮的基肥是非常重要的。结球性蔬菜的生长期较长，结球后内叶的生长也需要多量的氮和钾，因此在结球前和结球后各追施一次含钾和氮的速效性肥料是很有必要的。通常，

总施肥量的 60~80% 作为基肥，20~40% 作为追肥施用。

西红柿和黄瓜等收获果实供食用的果菜类作物的生长阶段可划分为定植后到开花前的营养生长期和开花后的生殖生长期。但即使是在生殖生长期，植株也仍不断地萌发新梢和叶片，连续形成花果。即这些果菜类作物在生殖生长期也是营养生长和生殖生长同时进行的混合生长型作物。这类混合生长型作物在营养生长期需要吸收大量的氮养分来支持茎叶的生长，但进入到生殖生长期后磷和钾的需求急速增加，等到一定时间后氮磷钾三大养分的需求量和比例就会保持在一个平衡点上。因此，为了满足营养生长期的养分需求，在定植前施足基肥是很重要的。要使收获期延长，增加收获量，就必须让植株能够稳定地萌发新梢和叶子，不断地形成花芽和开花结果。这样就需要定期地进行追肥，使得植株能够吸收到足够的养分来维持生长。肥料中的氮磷钾比例则是基肥多用氮和磷，追肥则需要控制氮，多给钾。

黄瓜在日照不足和水分养分供给不足的环境下，结出的黄瓜形状弯曲，尾部细小或异常膨大，中间出现空洞等现象，造成收获物的质量低劣，市场价值不高。发现这类情况时需要及时追肥和灌溉，进行整枝，恢复植株长势。

西红柿是嫌忌过湿环境的作物。在营养生长期期间过剩施用氮肥，而磷钾不足的话，会引起徒长，虽然外观上茎粗叶浓，长势良好，但开花数不多收获量减少，俗称叶盛花少现象。这是因为植株对氮的吸收过量，而磷和钾吸收不足，不能满足生殖生长的养分需求而引起的症状。因此，在西红柿栽培上，基肥的氮磷钾比例需要适宜配置，在营养生长期期间能够平衡地供给氮磷钾三大养分。进入生殖生长期后，开花和果实的发育需要多量的磷，钾和钙，追肥时则必须控制氮，多施磷，钾和钙肥。

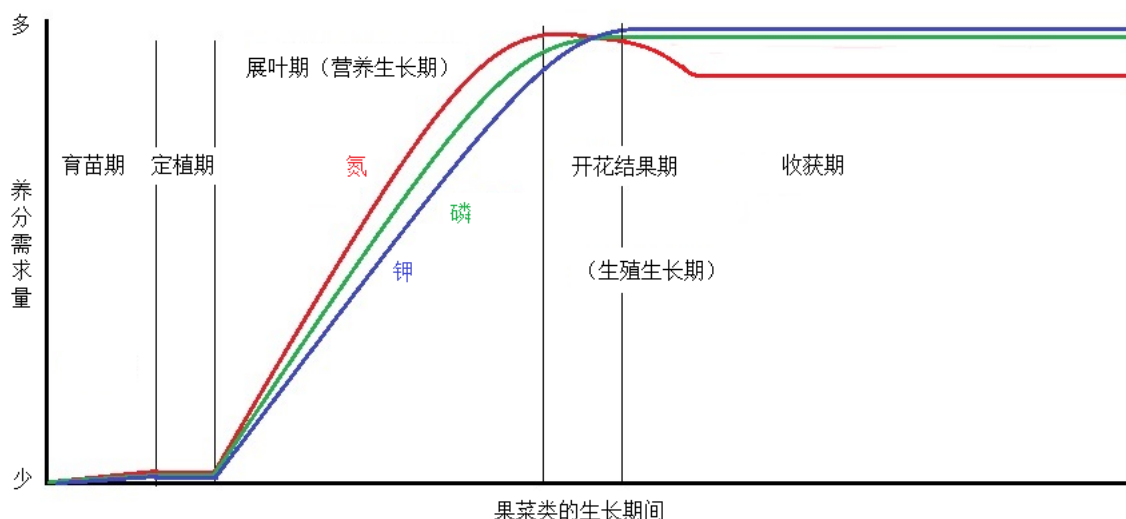


图 3. 西红柿，黄瓜等果菜类的生长阶段与养分需求量的关系

果菜类在养分不足时为了保护自身的存活，会发生落花落果现象。若氮养分过多，磷和钾不足时亦会使得营养生长占优势，出现落花落果现象。因此，为了提高收获量，可以通过追肥数量和追肥中的氮磷钾比例来控制营养生长和生殖生长，以达到一个最适的生长平衡点。

蔬菜类因为生长快，收获部位多，对养分的需求量要远远超出粮食作物。因此，施肥量也要比普通的粮食作物多。另外，蔬菜类嗜好吸收硝态氮，若是只施用氨态氮的肥料，黄瓜，西红柿，包心菜和白菜等在生长初期通常会受到抑制，钙的吸收和植物体内的移动也会受到影响，容易出现缺钙症状，使得肥料利用率降低。因此，不仅是施肥量，也需要考虑使用何种化学状态的氮。

在作物的整个生长阶段尽量使得作物的养分需求和肥料的养分供给数量和比例达到一致是提高肥料利用率的最有效的手段。注意施肥时期和施肥数量，让施用到土壤中的肥料养分能够正常地满足作物各个生长阶段的养分需求的话，肥料利用率可以比通常的栽培方式高出 10% 以上。理想的施肥方式是能够以最少数量的肥料来最大限度地促进农作物的生长，提高收获量。

提高肥料利用率，不仅可以提高农作物的生产效率和经济性，还可以减少因过剩施肥而造成土壤盐分积累和水质污染，减轻环境负担，是一举两得的好事。